

UNIVERSITÉ DE LYON

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE — N° 142

Travail du Laboratoire de Pharmacie de la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Lyon

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE ANALYTIQUE
DES
PAINS DE RÉGIME

THÈSE
POUR LE DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE LYON
(SECTION DE PHARMACIE)

Présentée et soutenue publiquement devant la Faculté de Médecine et de Pharmacie

Le 29 Juin 1929

PAR

THOMAS Claude-Jean

Né à Saint-Etienne, le 29 Août 1904



LYON ET VILLEURBANNE
ASSOCIATION TYPOGRAPHIQUE

P. PINTAPARIS, Directeur

1929

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE ANALYTIQUE
des
PAINS DE RÉGIME



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41545319_0087

UNIVERSITÉ DE LYON

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE — N° 142

Travail du Laboratoire de Pharmacie de la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Lyon

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE ANALYTIQUE
DES
PAINS DE RÉGIME

THÈSE

POUR LE DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE LYON
(SECTION DE PHARMACIE)

Présentée et soutenue publiquement devant la Faculté de Médecine et de Pharmacie

Le 29 Juin 1929

PAR

THOMAS Claude-Jean

Né à Saint-Etienne, le 29 Août 1904



LYON ET VILLEURBANNE
ASSOCIATION TYPOGRAPHIQUE

P. PINTAPARIS, Directeur

1929

PERSONNEL DE LA FACULTÉ

Doyen honoraire	M. L. HUGOUNENQ
Doyen	M. J. LEPINE.
Assesseur	M. ROLLET.

PROFESSEURS HONORAIRES

MM. AUGAGNEUR, CAZENEUVE, ROQUE, BARD, LANNOIS

PROFESSEURS

Cliniques médicales	MM. PIC.
Cliniques chirurgicales	PAVIOT.
Clinique obstétricale et Accouchements.....	TIXIER.
Clinique ophtalmologique	BERARD.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques.....	VORON.
Clinique neurologique et psychiatrique.....	ROLLET.
Clinique des maladies des enfants.....	NICOLAS.
Clinique des maladies des femmes.....	LEPINE (J.).
Clinique d'oto-rhino-laryngologie	MOURIQUAND.
Clinique des maladies des voies urinaires.....	VILLARD.
Clinique chirurgicale, infantile et orthopédie.....	COLLET.
Physique biologique, Radiologie et Physiothérapie...	ROCHET.
Chimie biologique et médicale.....	NOVE-JOSSERAND
Chimie organique et Toxicologie.....	CLUZET.
Matière médicale et Botanique.....	HUGOUNENQ.
Parasitologie et Histoire naturelle médicale.....	MOREL.
Anatomie	BRETIN.
Histologie	GUIART.
Physiologie	LATARJET.
Pathologie interne	POLICARD.
Pathologie et Thérapeutiques générales.....	DOYON.
Anatomie pathologique	FROMENT.
Chirurgie opératoire	CADE.
Médecine expérimentale et comparée et bactériologie.	FAVRE.
Médecine légale	PATEL.
Hygiène	ARLOING (F.).
Thérapeutique	ETIENNE MARTIN.
Pharmacie	COURMONT (P.).
Hydrologie thérapeutique et climatologie.....	SAVY.
	LEULIER
	PIERY.

PROFESSEURS TITULAIRES SANS CHAIRE

Chargé d'un cours de Pathologie externe.....	MM. VALLAS.
— — Propédeutique de gynécologie	CONDAMIN.
— — Chimie minérale	BARRAL.
— — Urologie	GAYET.

CHARGÉS DE COURS COMPLÉMENTAIRES

Anatomie topographique	MM. THEVENOT (Léon).
Puériculture et hygiène de la première enfance.....	RHENTER.
Chirurgie expérimentale	TAVERNIER.
Stomatologie	TELLIER.

AGRÉGÉS

MM.	MM.	MM.	MM.
GARIN.	ROUBIER.	CHALIER (André)	DEVIC.
TRILLAT.	BONNET.	CHALIER (Joseph).	GABRIELLE.
SARVONAT	RHENTER.	NOEL.	MANCEAU.
FLORENCE (G.).	MAZEL.	CHEVALLIER.	MARTIN (Joseph).
ROCHAIX.	SANTY.	DUMAS.	ROCHET (Ph.).
CORDIER (V.).	DUNET.	DUFOURT.	WERTHEIMER.
			GATE.

M. BAYLE, Secrétaire

EXAMINATEURS DE LA THÈSE

M. LEULIER, Président — M. MOREL, Assesseur.
M. BRETIN, Professeur — M. MANCEAU, Agrégé.



La Faculté de Médecine de Lyon déclare que les opinions émises dans les dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle n'entend leur donner ni approbation ni improbation.

A MES PARENTS.

Je dédie ce modeste travail, faible
gage de ma profonde affection et de
ma reconnaissance infinie.

A MON FRÈRE.

A MON ONCLE CITAIRE,
Pharmacien.

A TOUS LES MIENS.

A MON PRÉSIDENT DE THÈSE,
MONSIEUR LE PROFESSEUR A. LEULIER.

*Professeur de Pharmacie,
Chevalier de la Légion d'honneur.*

A MES JUGES,

MONSIEUR LE PROFESSEUR A. MOREL,
*Professeur de Chimie organique et de Toxicologie,
Chevalier de la Légion d'honneur.*

MONSIEUR LE PROFESSEUR PH. BRETIN,
*Professeur de Botanique et de Matière médicale,
Chevalier de la Légion d'honneur.*

MONSIEUR LE PROFESSEUR AGRÉGÉ P. MANCEAU,
Chevalier de la Légion d'honneur.

En hommage respectueux.

A MES MAÎTRES
DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE
ET DES HÔPITAUX DE LYON.

A MES CAMARADES D'INTERNAT.

A MES AMIS.

A CEUX QUI ME SONT CHERS.

AVANT-PROPOS

Les sentiments que l'on éprouve au terme d'une étape sont contradictoires. C'est d'abord la tristesse de quitter ceux qui nous ont aidé à parcourir le chemin : nos Maîtres, nos amis, nos camarades, puis la joie de leur témoigner, en cette circonstance, notre profonde gratitude.

M. le Professeur Leulier voulut bien nous accueillir dans son laboratoire. Dans ce cadre intime, nous avons pu apprécier la grande bonté de ce Maître. Son enseignement et son ardeur toujours inlassable dans la recherche scientifique resteront gravés d'une façon indélébile dans notre mémoire. Après avoir suggéré et guidé notre travail, il nous fait aujourd'hui l'honneur de présider notre jury de thèse, nous lui en sommes profondément reconnaissant.

Nous nous devons aussi d'exprimer notre gratitude à M. le Professeur Morel. Pendant notre scolarité, il nous a prodigué ses conseils qui nous ont toujours été très profitables. Qu'il trouve ici nos remerciements respectueux.

Nous sommes sensibles à la présence de M. le Professeur Bretin dans notre jury de thèse. L'appui bienveillant de ce Maître ne nous a jamais manqué, nous l'assurons de notre entier dévouement.

M. le Professeur agrégé Manceau a toujours fait preuve à notre égard d'une grande complaisance. Nous le remercions de tous les bienfaits dont il nous a comblé.

Notre reconnaissance va aussi à nos Maîtres des Hôpitaux, MM. Boulud, Métroz, D^r Chambon, Pharmaciens des hôpitaux, pour l'intérêt qu'ils nous ont toujours témoigné.

Dans les services hospitaliers de M. le Docteur Pallasse et de MM. les Professeurs Cade et Favre, où nous avons passé nos trois années d'Internat, nous avons trouvé auprès de ces Maîtres l'accueil le plus bienveillant dont nous les remercions.

Nous n'aurions garde d'oublier nos amis : Jules Puy, Docteur en Pharmacie, nous encouragea à exécuter ce travail. Henri Griffon, Pharmacien supérieur, ne cessa de s'intéresser à notre thèse, Qu'ils soient assurés de notre vive sympathie.

Nous exprimons nos sentiments les plus cordiaux à tous les excellents camarades que nous avons connus à l'Association des Etudiants en Pharmacie, en particulier à nos confrères Liogier, Bès, Chatain et à nos camarades Delorme et Semon qui nous ont souvent donné des preuves de leur loyale amitié.

Le personnel du laboratoire de M. le Professeur Leulier nous aida à mener notre tâche à bien, nous l'en remercions sincèrement.

INTRODUCTION

Si certains fabricants de pains dits « de régime » donnent, sur la boîte, la définition du produit qu'ils vendent, les noms des substances qu'il renferme et même sa composition centésimale, beaucoup se contentent de louer les vertus de leur marchandise.

M. le Professeur Leulier, en nous indiquant ce travail, a voulu que nous déterminions la composition centésimale de différents pains « de régime », afin de contrôler si nos résultats coïncidaient avec ceux donnés par le fabricant ou, plus simplement, si de prétendus pains « au gluten » méritaient cette dénomination.

Le pharmacien, peu intéressé — d'ailleurs à tort — à la vente de ces produits de diététique, réservée au commerce de l'alimentation, est pleinement qualifié pour étudier et contrôler ces produits ; il est à souhaiter qu'un jour les véritables produits de régime, se réclamant de propriétés diététiques nettement établies par l'analyse chimique, soient vendus seulement à l'officine, laissant au boulanger le monopole des produits « fantaisie ».

Le but de ce travail n'a pas été de déterminer de nouvelles techniques analytiques, mais seulement de contrôler, par des procédés classiques, éprouvés, la composition de divers pains, dits « de régime ».

Le plan de ce travail peut se résumer ainsi :

La *première partie* comprendra :

- 1° Des généralités sur le pain ordinaire et sur les pains de régime ;
- 2° L'exposé de la réglementation et de la définition du pain ordinaire.

Dans la *deuxième partie*, nous examinerons les diverses catégories de pains de régime :

- 1° Les pains grillés ;
- 2° Les pains hyperazotés ;
- 3° Les pains hypoazotés ;
- 4° Les pains hypercellulosiques.

La *troisième partie* comprendra l'exposé des différentes techniques que nous avons employées pour le dosage :

- 1° De l'humidité ;
- 2° Des cendres ;
- 3° Des matières grasses ;
- 4° Des hydrates de carbone ;
- 5° Des matières azotées ;
- 6° De l'acidité.

La *quatrième partie* contiendra :

- 1° Une vingtaine d'analyses de pains de régime, la différence de composition de ces pains de régime et du pain ordinaire ; leur valeur diététique ;
- 2° Accessoirement nous avons déterminé la composition de quatre pâtes « au gluten ».

Conclusions générales.

PREMIÈRE PARTIE

A. — GÉNÉRALITÉS SUR LE PAIN ORDINAIRE ET SUR LES PAINS DE RÉGIME

Le Français est universellement réputé pour être un grand mangeur de pain ; il trouve dans cet aliment le fond essentiel de sa nourriture. C'est dans le pain que le travailleur puise les éléments énergétiques nécessaires à l'accomplissement de sa tâche quotidienne.

Cet aliment, riche en hydrates de carbone, contient aussi des matières protéiques, une très faible proportion de matières grasses et des combinaisons phosphoriques en quantités appréciables.

De tous les éléments, c'est le seul qui puissē assurer à l'homme une vie normale, biologiquement équilibrée, sans avoir besoin d'être corrigé par quelques autres apports, au moins pendant un certain temps. Les protéines qu'il renferme — suffisantes pour satisfaire les besoins azotés — libèrent dans le tube digestif peu de substances toxiques alors que les protéinēs animales en libèrent de grandes quantités (Arthus [1]). Beaucoup de personnes ne peuvent pourtant être satisfaites d'un bon pain ordinaire : le dyspeptique veut un pain de digestion facile ; le diabétique cherche à ingérer le minimum

d'hydrates de carbone ; le brightique, l'urémique exigent une nourriture achlorurée et hypoazotée.

De là découle la nécessité de fabriquer divers pains thérapeutiques dont la composition s'harmonise avec la diététique imposée aux malades. La préparation des pains dits « de régime », restée longtemps rudimentaire, s'effectue aujourd'hui, grâce au progrès de la science, selon les données rationnelles et le médecin dispose maintenant d'une gamme de pains, dont il se sert avec succès pour lutter contre les maladies de la digestion et de la nutrition.

B. — RÉGLEMENTATION ET DÉFINITION DU PAIN ORDINAIRE

En ce qui concerne la réglementation du pain, rien ou presque rien n'a été fait depuis le dernier Congrès International pour la répression des fraudes (Paris, 1909) et si l'on désire avoir quelques lumières à ce sujet, on doit s'en rapporter aux décisions de ce Congrès et aussi à celles émises à Genève (septembre 1908).

Le pain ordinaire a été ainsi défini :

Le mot « pain » sans autre qualificatif est réservé exclusivement au produit résultant de la cuisson de la pâte, faite avec un mélange de farine de froment, de levain ou de levure alcoolique, de bière ou de grains, d'eau potable et de sel.

Les parties constituanes du pain sont les mêmes que celles de la farine, avec cette différence toutefois que, si

quelques-unes sont restées sans changement, d'autres ont éprouvé des modifications variables et même profondes, modifications qui tiennent à la fermentation proprement dite (fermentation panaire, G. Chicandard [8]) et à la cuisson terminale.

Cette définition du pain est incomplète, car elle ne fixe pas, d'une manière exacte, les proportions des éléments nutritifs qu'il doit renfermer.

C'est ainsi qu'une question très controversée est la proportion d'eau qui peut exister dans le pain. Sans insister davantage, soulignons seulement ce fait que le pain pourrait être, dans une certaine mesure, défini plus exactement et qu'il devrait y avoir pour cet aliment primordial des règles précises, fixant sa composition, comme celles qui ont été édictées pour les vins.

En dehors du pain ordinaire, ainsi insuffisamment défini, ces deux Congrès admettent l'introduction, dans le pain, d'un certain nombre de substances alimentaires. Ces opérations facultatives doivent être mentionnées afin que l'acheteur soit prévenu.

Est toléré pour la fabrication de certains pains spéciaux l'emploi de lait à l'état liquide ou solide, de beurre ou de graisses alimentaires, de sucré (saccharose), d'œufs, de raisins secs, d'amandes, noix, noisettes, d'empois de pommes de terre, d'aromates ou d'épices, de mélasse, de miel, de vin, d'eau-de-vie, de fruits ou de sucs de fruits, de colorants inoffensifs.

Il faut ajouter la farine et l'extrait de malt admis dans le pain ordinaire et le gluten pour la préparation des pains dits de « gluten ».

Il est admis, d'autre part, que le pain peut être fabriqué avec une farine autre que celle de froment, ou avec un mélange de farines à condition que le pain ainsi réalisé porte le nom de la ou des farines qui entrent dans sa composition.

D'ailleurs, durant la grande guerre, des farines diverses : farines de maïs, de blé, de riz, de haricots, ont été employées pour la panification. Les pains ainsi obtenus, souvent de qualité inférieure et de saveur peu agréable, étaient lourds et indigestes. Les difficultés du ravitaillement conditionnaient ces mesures ; en temps normal — les pains de régime mis à part — seule la farine de froment semble pouvoir donner un pain répondant aux exigences du consommateur.

La boulangerie et l'industrie boulangère sont donc libres, d'après ces dernières décisions, d'introduire dans le pain toutes sortes de farines ou de substances étrangères, ce qui a permis légalement l'éclosion de pains spéciaux dits « de régime », dont la nature et la composition sont très diverses.

DEUXIÈME PARTIE

CLASSIFICATION DES PAINS DITS « DE RÉGIME »

La composition d'un pain se définit par :

- 1° La teneur en eau ;
- 2° La teneur en cendres ;
- 3° La teneur en matières grasses ;
- 4° La teneur en hydrates de carbone ;
- 5° La teneur en matières azotées.

En faisant varier, par des procédés de fabrication, l'un ou l'autre de ces facteurs de composition, on peut obtenir des catégories de pain, bien différentes les unes des autres. Le Professeur Henry Labbé [18] classe les pains de régime sous un certain nombre de rubriques :

- 1° Les pains grillés ;
- 2° Les pains hyperazotés ;
- 3° Les pains hypoazotés ;
- 4° Les pains hypoamylacés ;
- 5° Les pains hyperamylacés ;
- 6° Les pains enrichis en matières grasses ;
- 7° Les pains hypominéralisés (hypochlorurés) ;
- 8° Les pains hyperminéralisés ;
- 9° Les pains hypercellulosiques.

Cette nomenclature est peut être un peu trop théorique car un pain de régime se range à la fois dans plusieurs de ces catégories, par exemple : un pain à l'usage des diabétiques est à la fois hypoamylacé et hyperazoté. En fait, ces produits diététiques se rangent dans quatre grands groupes :

- 1° *Les pains grillés* destinés aux sujets qui souffrent de l'estomac ;
- 2° *Les pains hyperazotés* (additionnés de caséine, gluten, sang, fibrine, légumine, maïsine, soja, amandes) destinés en général aux diabétiques ;
- 3° *Les pains hypoazotés* (enrichis de fécule, amidon, sucre, corps gras, etc...) consommés par les cardiaques et les rénaux ;
- 4° *Les pains hypercellulosiques* (pain dit « intégral » ou « complet » enrichi en cellulose, en son, etc...) destinés aux malades qui souffrent de constipation chronique ou qui veulent maintenir les résultats des cures hydrominérales appropriées aux affections du tube digestif.

I. — LES PAINS GRILLÉS.

Cette forme diététique du pain, connue depuis fort longtemps, est la plus simple. Le commerce livre ces produits sous la forme de biscottes de 15 à 20 grammes ou de flûtes allongées, généralement désignées sous le nom de longuets, de baguettes ou de gressins.

Tandis que le pain ordinaire renferme une plus grande proportion de mie que de croûte, il en est exactement le contraire pour le pain grillé et ses qualités sont celles

que l'on a reconnues depuis longtemps à la croûte de pain qui, suivant A. Gauthier, Munk Ewald et Labbé, est « plus digestible que la mie ».

La croûte de pain soumise plus longtemps à une température plus forte que la mie a-t-elle une composition chimique différente de cette dernière: les deux éléments étant naturellement ramenés au même état de dessiccation ?

En 1856, Rivot [29] trouve que la proportion des cendres est un peu plus faible dans la mie que dans la croûte, il en conclut que la croûte perdait une certaine quantité de matières organiques pendant la cuisson. Il évaluait cette perte à 2 %. Barral [3], en 1863, confirme ces résultats et avance que non seulement les cendres mais aussi les matières azotées se trouvent en plus grande quantité dans la croûte que dans la mie. A l'état de siccité, le rapport moyen de l'azote de la croûte à l'azote de la mie serait de 123 à 100 et la perte moyenne de la matière organique de 5 %.

Millon et Balland, pour vérifier ces hypothèses, dessèchent de la farine à + 150° et constatent que la teneur en matières organiques ne change pas. Plus récemment, Boyeldieu conclut que « la composition chimique de la mie est identique à celle de la croûte, en sorte que l'un et l'autre élément du pain fournit toujours la même quantité d'hydrates de carbone par rapport à la quantité de gluten concurremment apportée ».

Alors que le pain ordinaire renferme de 35 à 40 % d'humidité, le pain grillé de bonne qualité possède moins de 10 % d'eau et c'est là son avantage : une simple concentration des produits alibiles du pain par perte d'une

partie importante de l'humidité. Le gain nutritif obtenu par la déshydratation partielle du pain est important.

L'usage de ce pain éviterait ainsi la dilatation stomacale ou intestinale ou plus simplement la fâcheuse lourdeur post-prandiale. La torrification rend le pain plus friable, il craque sous la dent et, par conséquent, plus facilement attaquable par le suc gastrique.

L'odeur agréable qu'exhale une tranche de pain grillé, l'aspect engageant qu'elle présente, contribuent d'ailleurs beaucoup à généraliser l'emploi de cette forme diététique du pain, même en dehors de toute indication thérapeutique.

Le pain grillé vendu dans le commerce est, en général, supérieur à celui préparé à la maison sur le gril électrique ou dans le four de la cuisinière, car l'industrie boulangère emploie des farines de qualité supérieure à celles normalement employées pour la cuisson du pain ordinaire.

De nombreux fabricants indiquent que la pâte de leurs biscottes a été maltée au préalable ; dans le but de transformer la plus grande partie possible d'amidon en maltose, plus directement assimilable ; sans entrer dans de grands détails, nous signalons que R. Lecoq [20] a montré que la farine de malt agit surtout entre 60° et 80° et que l'ébullition détruit rapidement la diastase. Em. Perrot et R. Lecoq [26] établissent que les farines alimentaires maltées avant cuisson sont de peu de valeur ; des farines de blé maltées à 30 %, avant cuisson, donnent 12,17 % de maltose, alors que maltées après cuisson elles en donnent 30,56. R. Lecoq et S. Wary [21] montrent que la proportion de trente parties de malt pour soixante-

dix de farine est heureuse. C'est la quantité nécessaire et suffisante de diastase qui agit de façon complète en un quart d'heure si la température atteinte est de 75°.

D'après ces faits, nous pouvons dire que si le maltage préalable de la pâte de biscottes, effectué dans de bonnes conditions ne produit pas une véritable prédigestion, du moins il transforme en dextrines et en sucres une partie des amidons qui sont ainsi directement assimilables.

II. — LES PAINS HYPERAZOTÉS.

Le diabétique, qui proscrit plus ou moins complètement de son alimentation l'amidon, doit remplacer celui-ci par une quantité isodynamique équivalente de protéines et de graisses, c'est pour cela qu'il consomme des pains enrichis en matières azotées.

La majeure partie de l'azote du pain est apportée par le gluten, aussi la première idée des fabricants de produits de diététique fut d'incorporer à la farine ordinaire une certaine quantité de gluten pour obtenir des pains hyperazotés.

Les Allemands, d'ailleurs depuis longtemps, ont préparé sous le nom d'aleuronat un gluten qui contenait 83 % d'albumines. En 1905, Lindet et Amman [22] ont obtenu un gluten titrant 98,50 % de matières azotées, en réalité le gluten, qui constitue un résidu de la fabrication de l'amidon de froment, contient 10 % d'impuretés.

Le gluten est un produit alimentaire très assimilable. Voit et Constantinidi ont montré qu'il s'absorbe dans une proportion de près de 98 %. Son emploi en diététique est fort rationnel, malheureusement le goût du gluten n'est

pas très agréable et la panification est extrêmement difficile à réaliser si l'on veut obtenir des pains fort riches en gluten avec l'apparence et le goût des pains ordinaires.

Le pain de gluten se présente sous la forme d'un pain bien levé, léger, friable, rappelant un peu les « échaudés » s'il contient très peu d'hydrates de carbone. Si les pains à forte teneur de gluten (70 %) sont peu agréables au goût, l'industrie panitaire fabrique des pains, contenant trois ou quatre fois plus de matières azotées que le pain ordinaire, de goût et de saveur agréables.

C'est grâce à cet enrichissement variable de gluten que l'industrie des pains dits « de régime » a constitué une gamme de produits à teneur en azote décroissante que le médecin emploie avec souplesse suivant l'état du malade.

Toutefois, un pain enrichi en gluten ne peut pas s'appeler impunément pain au gluten ; il faut qu'il réponde à certaines caractéristiques que le D^r Chevalier [15] a fait admettre au deuxième Congrès International pour la répression des fraudes (Paris, octobre 1909) :

« Ne peuvent être dénommés « pains de gluten » ou « pains au gluten » que les pains contenant au maximum 25 % de matières sucrées ou saccharifiables et au minimum 60 % de gluten rapportés au pain sec. »

Il a été admis également que, en ce qui concerne le pain de gluten, on tolère l'addition d'un peu de pâte d'amandes ou de substances azotées alimentaires pour améliorer sa saveur.

Le Congrès a décidé également que « le pain de gluten » et « le pain au gluten » étaient identiques, le règlement étant international, ces différences trop subtiles de

la langue française ne pourraient être interprétées à l'étranger.

L'enrichissement en azote d'un pain de régime peut aussi se faire par apport de substances azotées hétérogènes, animales ou végétales.

L'albumine de nature animale a pu être employée : les pains au sang, de fibrine, généralement nauséabonds, n'ont jamais été consommés. Seuls les pains contenant de la caséine présentent quelque intérêt ; malheureusement la caséine purifiée conserve toujours un goût suigeneris qui rend le pain immangeable s'il en renferme une quantité importante. C'est pour cette raison que le meilleur type de ces pains renferme encore 60 % d'hydrates de carbone ; aussi, s'il est excellent, employé sous forme de panade, pour la suralimentation, ne convient-il qu'aux diabétiques légers qui auront meilleur compte alors de consommer un pain faiblement enrichi en gluten.

On a essayé d'introduire dans les pains des protéines végétales en renforçant la farine ordinaire par son mélange avec de la farine de haricots qui contient, d'après Girardin et Dubreuil, cités par Parmentier [25], deux fois plus de matières azotées que la farine de blé ; malheureusement le pain obtenu avec ces farines a un goût grossier qui le rend peu intéressant.

Donard et H. Labbé [18] avaient fondé quelques espoirs sur la maïsine, matière azotée, pure et facilement assimilable, retirée du maïs ; leurs essais, réalisés il y a vingt-cinq ans, furent couronnés de succès, mais ne purent être poussés plus loin à cause des tracasseries douanières concernant l'importation du maïs et de ses tour-

leaux et du régime fiscal français peu libéral sur l'utilisation de l'alcool nécessaire à l'extraction de la maïsine.

Enfin, depuis assez longtemps, la farine de soja est employée à la fabrication de pains à l'usage des diabétiques, soit seule, soit associée à de petites quantités de farines de froment. La farine de soja renferme 40 % de substances protéiques, 20 % d'huiles et peu d'amidon (Bretin [6]), (Collin [9]), et permet la réalisation d'un pain tendre, alors que les pains de gluten sont durs, croquants, plus ou moins friables.

On peut rapprocher des pains hyperazotés les pains enrichis en matières grasses. Les pains aux amandes sont à la fois hyperazotés et hyperlipoidés.

Il en existe deux sortes :

- 1° Les pains qui doivent être consommés frais ou dans les trois ou quatre jours qui suivent leur fabrication ;
- 2° Des galettes sèches, de composition semblable aux précédents, mais moins chargées en humidité pour assurer une longue conservation.

Un pain aux amandes, de composition courante, contient 20 à 25 % de matières grasses, bien assimilables, mais sa préparation est difficile. Pour qu'il n'engendre pas le dégoût et la satiété, il est nécessaire qu'il soit bien développé et suffisamment tendre.

III. — LES PAINS HYPOAZOTÉS.

Ces pains sont de fabrication délicate et l'industrie n'a pas encore entièrement résolu d'une façon satisfaisante leur préparation. Il y a une grosse difficulté technique à

incorporer à la farine de blé le maximum d'éléments amyliacés encore compatible avec une bonne panification.

Un seul échantillon a été analysé par H. Labbé [18], qui trouve une teneur de 7 % en matières azotées, teneur un peu élevée si l'on songe qu'un pain ordinaire, fait avec une farine de faible extraction, peut contenir moins de 10 % de protéines.

Nous avons analysé un pain qui paraît donner toute satisfaction : il renferme moins de 0,40 % d'azote. Il se présente sous la forme de galettes. L'addition d'une forte quantité de matières grasses permet d'obtenir une pâte assez homogène, mais grasseuse et lourde.

Ces pains sont généralement cuits sans sel et, par conséquent, achlorurés.

IV. — LES PAINS HYPERCELLULOSIQUES.

Ces pains sont fabriqués avec des farines dites complètes. Ces farines renferment une quantité assez forte de matières azotées dues au son qu'elles contiennent; elles donnent un pain bis, plus lourd mais plus nourrissant que le pain obtenu avec une farine à blutage élevé. La valeur nutritive de ces pains a peut-être été un peu exagérée, car, si le Professeur Vallin [33] conclut qu'il faut réserver le pain blanc pour les gourmets qui font bonne chère, et le pain bis pour le travailleur, le soldat, l'adolescent, Aimé Girard [10] trouve que cette supériorité du pain intégral est plus apparente que réelle après avoir mis en évidence que ses éléments ne sont pas complètement assimilés.

Cependant, les recherches de ces dernières années sur

le rôle joué dans l'organisme par les vitamines des enveloppes des graines des céréales ont montré toute l'importance qu'il y a à ne pas se nourrir de pains à base de farines trop blutées, comme nous le verrons plus loin, de manière plus détaillée.

De nos jours, le pain « de ménage » est de moins en moins utilisé et le pain « de son », de goût malheureusement assez insipide, n'est plus demandé. Le pain de fécule de mousse, riche en lichénine, n'a jamais eu beaucoup de succès ; d'ailleurs le pouvoir nutritif de la lichénine est moindre que celui de l'amidon de blé (Hérail [17]).

Les Anglais et les Américains, en pulvérisant le gruau de froment tout entier, obtiennent une farine grossière qu'ils appellent Graham-flour, qui panifiée devient le pain de Graham. Le pain de Knepp, le pain de seigle, le « pumper-nickel » des Allemands, jouissent des mêmes propriétés que le pain complet.

Tous ces pains renferment de 1 à 3 % de cellulose qui n'est pas digérée et détermine, à son passage, une irritation mécanique heureuse du tube digestif. Cette cellulose peut encore subir, pendant la traversée intestinale, une fermentation dont les produits exercent une action stimulante sur le péristaltisme. C'est ce qui fait employer avantageusement ces pains dans le traitement de la constipation chronique.

*
* *

La diététique a pris une orientation nouvelle depuis que la biochimie a physiologiquement démontré l'existence de certaines substances minimales appelées vita-

mines et le rôle primordial qu'elles jouent dans le métabolisme vital.

Des quatre variétés de vitamines actuellement connues, les céréales contiennent celles que l'on qualifie de B, elles sont hydrosolubles et se trouvent dans les enveloppes des graines des céréales. Les diverses opérations de la panification détruisent-elles ou altèrent-elles ces corps ? Il semble, d'après les expériences de R. Lecoq [20], que la chaleur altère sérieusement les vitamines puisqu'une farine alimentaire assurant la vie à des rats n'était plus capable après cuisson de l'entretenir. M. le Professeur Mouriquand [23] indique dans son traité de diététique que si le pain de luxe, préparé avec des farines blutées à 35 et 40 % est privé de vitamines, les pains obtenus avec des farines blutées à 25 % en contiennent une faible quantité.

Les farines employées pour la fabrication de ces pains peuvent s'identifier quant à leur taux de blutage à la farine de froment contenue dans la farine alimentaire expérimentée par Lecoq. Les deux auteurs arrivent donc aux mêmes conclusions.

Si nous envisageons le cas du pain complet, celui-ci préparé avec de la farine de haute extraction contient des vitamines en quantité appréciable et serait le pain « biologique » par excellence, mais son indigestibilité (86 % de produits assimilables) lui fait généralement préférer le pain fabriqué avec de la farine blutée à 25 % qui, selon Balland, et de nos jours Mouriquand, correspond le mieux aux exigences biologiques.

En réalité, les données biologiques sont méconnues par le public et, avant guerre, les besoins de la classe

aisée avaient abouti à la fabrication systématique des pains dits de fantaisie, pains de fleur,... fabriqués avec des farines à blutage élevé. Mais, la tourmente passée, les difficultés économiques non entièrement aplanies ont ramené par les décrets des Chambres de commerce et du Gouvernement, les taux de blutage des farines dans des limites compatibles avec un équilibre biologique satisfaisant.

TROISIÈME PARTIE

ANALYSE D'UN PAIN

Comme nous l'avons vu, les éléments dosés qui définissent un pain sont les suivants :

Teneur :

- 1° En eau ;
- 2° En cendres ;
- 3° En matières grasses ;
- 4° En hydrates de carbone ;
- 5° En matières azotées.

Il n'existe pas, à proprement parler, de procédés spéciaux d'analyse pour doser les différents constituants du pain. Les techniques employées sont celles dont les chimistes se servent pour les expertises de la farine et des céréales.

Une analyse de pain ordinaire comprend la détermination quantitative des différents éléments de la croûte et de la mie. Lorsqu'il s'agit de pains dits « de régime », ceux-ci en général grillés, donc déshydratés en partie, on peut facilement les réduire en poudre grossière, où la mie et la croûte se trouvent en quantité proportionnelle.

On pile dans un mortier, aussi soigneusement que possible, quelques biscottes ou pains, de façon à avoir un

échantillon moyen. Une cinquantaine de grammes de pain pulvérisé sont suffisants pour effectuer deux déterminations pour chaque échantillon.

I. — DOSAGE DE L'HUMIDITÉ.

C'est le seul dosage généralement indiqué dans les traités élémentaires de fraudes alimentaires. Les auteurs conseillent une prise d'essai plus ou moins importante de façon que la croûte et la mie s'y trouvent en proportions rationnelles.

Cette difficulté de prise d'essai n'existe pas pour les pains de régime, on se contente de peser très exactement, dans une capsule en platine tarée, cinq grammes de poudre de pain sur une balance à cavalier, sensible au milligramme ; puis on porte cette capsule à l'étuve réglée à $+100^{\circ}$, $+105^{\circ}$ jusqu'à poids constant. Comme la poudre de pain est assez hygroscopique à cette température, on a soin de laisser refroidir la capsule sous une cloche à acide sulfurique avant de la peser.

La perte de poids trouvée, multipliée par 20, donne l'humidité pour 100 grammes de pain.

Nous avons effectué tous nos dosages de cette façon ; la durée du séjour à l'étuve nécessaire pour la déshydratation complète du pain demande souvent dix heures et plus. Les temps de cinq heures indiqués par le formulaire des hôpitaux militaires, de sept heures par Rothéa, de huit heures par Pellerin paraissent arbitraires et quelquefois insuffisants.

La détermination de l'humidité peut être faite dans le vide sulfurique ; la durée de l'opération dure alors deux

ou trois jours. La différence, d'après Boyeldieu, est pratiquement nulle entre l'humidité déterminée à l'étuve et celle déterminée dans le vide sulfurique ; dans ce cas, on peut effectuer tous les dosages suivants sur le pain déshydraté — les matières grasses n'ayant pas été altérées par la chaleur.

Nous avons préféré opérer nos dosages sur le pain à l'état de dessiccation normale, l'analyse complète d'un pain demandant deux à trois jours, pendant lesquels on laissait la prise de pain se déshydrater à l'étuve pour déterminer ultérieurement la teneur en eau.

II. — DOSAGE DES CENDRES.

Une fois la teneur en eau déterminée, le résidu est incinéré directement sur un bec Bunsen.

Il y a d'abord boursoufflement de la masse, combustion des gaz formés, carbonisation de la partie solide restante et finalement formation d'un champignon de charbon assez dur. On laisse quelques temps au rouge sombre ; puis, on retire la capsule, on écrase le champignon avec un agitateur et on porte la capsule dans le four. Lorsque les cendres sont parfaitement blanches, on retire la capsule ; la température étant un peu abaissée, on porte la capsule sous le dessiccateur à acide sulfurique, et, après refroidissement, on pèse à la balance de précision.

Cette technique n'a pas donné de bons résultats avec les pains fortement chargés en matières grasses, qu'il a fallu incinérer directement au four à moufle.

La différence entre le poids trouvé et la tare de la cap-

sule, multipliée par 20, donne la teneur en cendres de 100 grammes de pain.

Le dosage du chlorure de sodium, dénué d'intérêt lorsqu'il s'agit d'un pain ordinaire, donne des renseignements utiles lorsque l'analyse porte sur un pain de régime destiné à un azotémique ou à un brightique.

La technique de ce dosage est fort simple :

Il suffit de reprendre les cendres par un certain volume d'eau et 5 centimètres cubes d'acide azotique, on lavera soigneusement la capsule contenant les cendres et on les entraînera dans un vase à précipiter. Dans cette liqueur, on dosera les chlorures par la méthode classique au sulfocyanure de Charpentier et Vohlard.

On évite la longueur de la calcination en employant la méthode de Laudat [19], préconisée pour le dosage des chlorures du sérum sanguin, qui donne des résultats d'une sensibilité exquise ; on élimine de légères erreurs par défaut dues à de petites déflagrations qui se produisent assez souvent durant la calcination. Cette méthode ne peut être employée pour les produits contenant de fortes proportions de matières grasses, car les graisses ne sont pas détruites.

III. — DOSAGE DES MATIÈRES GRASSES.

La farine contient une certaine quantité de matières grasses qui est très variable selon son origine. Baland [2] trouve une teneur de 0,65 à 3,10 %, mais pendant la panification les matières grasses se modifient et souvent le fabricant incorpore à la pâte panifiable des matières grasses étrangères, si bien qu'au lieu de retrou-

ver de 0,15 à 1,50 de matières grasses, on en retrouve de 0,15 à 15 %.

La technique que nous avons employée pour ce dosage est la suivante : on prend une allonge en verre de 20 centimètres de longueur, de 2 centimètres de diamètre et effilée à une extrémité. On garnit le fond avec un tampon de coton hydrophile de 4 à 5 centimètres de hauteur, on introduit 10 grammes de pain soigneusement pulvérisé et pesé que l'on tasse légèrement en imprimant de petits coups secs au tube de verre ; on recouvre par une boule de coton que l'on comprime.

Le tube étant placé sur un support, sa pointe à quelques millimètres du fond d'un petit cristalliseur taré, on y verse de l'éther de façon à le remplir complètement. L'éther imbibe la farine et s'écoule ; alors, on règle l'écoulement qui doit être assez lent — une goutte toutes les quatre à cinq secondes — en fermant plus ou moins hermétiquement l'allonge avec un bouchon de liège. On fait passer de l'éther une dizaine de fois sur le produit à épuiser, après quoi on considère toute la matière grasse comme entraînée. On peut d'ailleurs s'en rendre compte en recueillant une goutte d'éther à la fin de l'opération sur une feuille de papier. L'éther évaporé ne laisse pas de tache grasseuse si l'épuisement est terminé.

On évapore lentement l'éther contenu dans le petit cristalliseur, on place celui-ci à l'étuve à 100°, pendant une heure et on pèse après refroidissement sous une cloche à acide sulfurique.

L'augmentation de poids du cristalliseur, multipliée par 10, donne le pourcentage de matières grasses contenues dans le pain.

Tous les auteurs indiquent l'extraction de la matière grasse par l'éther, seul l'appareil diffère. Villiers conseille d'épuiser le pain à chaud par l'éther. La technique que nous avons employée nous a donné des résultats rigoureux.

Remarque. — Il est bon d'employer pour obturer le tube du coton hydrophile que l'on dégraissera soi-même à l'éther, car souvent, incomplètement dégraissé, il occasionne des erreurs par excès.

IV. — DOSAGE DES HYDRATES DE CARBONE.

S'il y a peu d'intérêt à déterminer la teneur en hydrates de carbone d'un pain ordinaire, car cette donnée n'entre pas dans l'appréciation de sa valeur marchande ou nutritive, il n'en est pas de même des pains de régime.

C'est, dans ce cas, le seul élément qui nous permette de déterminer les proportions respectives de farine de blé et de substances étrangères contenues dans ces produits complexes.

Le diabétique ne peut pas se passer d'hydrates de carbone ; les albuminoïdes et les graisses ne « brûlent complètement dans l'organisme qu'au feu des hydrates de carbone ». En leur absence, le diabétique voit sa production de glucose dans le sang s'abaisser, mais souvent il fait de l'acidose. Il est important de calculer la quantité d'hydrates de carbone qu'un diabétique peut absorber, sans pour cela éliminer davantage de sucre par ses urines, pour déterminer ensuite, rationnellement, sa diète. Le pain de régime de teneur fixe en amidon sera un précieux auxiliaire pour cette détermination.

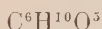
L'amidon étant dépourvu de pouvoir réducteur ne peut être dosé directement, aussi ce dosage comprendra deux temps :

A) Hydrolyse de l'amidon ;

B) Dosage du sucre formé dans la liqueur d'hydrolyse.

A. — **Hydrolyse.**

On admet généralement que l'amidon correspond à la formule brute :

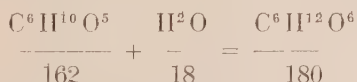


Il se transforme en maltose par la diastase du malt, ainsi que par la diastase de certaines mucorinées et, lorsqu'il est cuit, par la ptyaline de la salive.

Sous l'influence des acides minéraux étendus à l'ébullition, il se dédouble en disaccharide puis en monosaccharide :



Plus simplement, nous dirons que, dans ce cas, il se transforme en glucose en fixant une molécule d'eau :



Le calcul des poids moléculaires nous montre que :

$$9 \text{ gr. d'amidon} + 1 \text{ gr. d'eau} = 10 \text{ gr. de glucose.}$$

Le coefficient de transformation de glucose en amidon est donc de :

$$\frac{162}{180} \text{ ou } \frac{9}{10} = 0,9$$

Connaissant la teneur en glucose de la liqueur d'hydrolyse, il est facile de connaître son équivalent en amidon.

Les auteurs classiques indiquent divers procédés d'hydrolyse. Les uns, comme Burcker [6] conseillent d'une façon plus ou moins explicite de transformer l'amidon en glucose à l'aide de la diastase. Halphen et Quillard [16] donnent une technique d'une exécution laborieuse, dans laquelle l'hydrolyse est produite d'abord par l'orge germée, ensuite par de l'acide sulfurique dilué. Mais toutes les fois que l'hydrolyse est produite par l'orge germée, il est nécessaire de déterminer au préalable la quantité d'amidon et de dextrine apportés par le malt employé, quantité qu'il faut ensuite retrancher du premier résultat.

Comme, par ce procédé, il faut toujours terminer l'opération en chauffant avec un acide minéral dilué, pour transformer le maltose, produit par la diastase, en glucose; il y a intérêt à rejeter cette méthode qui demande deux dosages pour une détermination. Frésenius, cité par Villiers, opère l'hydrolyse en utilisant trois tubes scellés, chauffés dans un bain de sable. Il introduit dans chacun 50 centigrammes de matière avec 10 centimètres cubes d'eau et 1 cm. 5 d'acide sulfurique dilué (160 grammes de SO_4H_2 monohydraté pour un litre d'eau).

On chauffe le premier tube pendant trois heures et le second pendant six heures. Si les résultats ne sont pas concordants (ce qui vraisemblablement se produit rarement) on opère le dosage avec le troisième tube en le chauffant durant neuf heures.

Le procédé de Zipperer, indiqué dans le traité d'ana-

lyse chimique quantitative de Barral, consiste aussi à chauffer dans des tubes scellés, pendant une heure et demie à 140°-150°, 2 grammes de produit avec 100 centimètres cubes d'eau acidulée. Ce procédé a l'inconvénient d'utiliser une température trop forte. La cellulose, dans ces conditions, se transforme et influe par excès sur les résultats du dosage.

Fleury et Boyeldieu [11] hydrolysent à l'autoclave pendant 25 minutes à +120°, 3 grammes de pain avec 95 centimètres cubes d'une solution aqueuse à 2 % (en poids) d'acide sulfurique à 66° B.

Plus souvent, ainsi que l'indiquent les auteurs — Villiers, Pellerin, François, Denigès, Lecoq — l'hydrolyse est obtenue par chauffage à l'ébullition du pain avec un acide minéral dilué ; certains conseillent d'employer un bain de chlorure de calcium pour obtenir une température plus forte.

Nous avons suivi la technique décrite dans le traité de Villiers-Collin-Fayolle, qui nous a donné des hydrolyses parfaites. Nous exposons le mode opératoire plus loin

B. — Dosage du glucose dans la liqueur d'hydrolyse.

Avant d'aborder cette question, un problème se pose. La liqueur d'hydrolyse contient outre le sucre réducteur formé, une proportion plus ou moins forte de matières protéiques résultant de la dégradation du gluten. Ces matières azotées peuvent-elles influencer le dosage du glucose ? Fleury et Boyeldieu (1) [11] concluent, après de nombreuses expériences, que seules les albumoses et les

(1) Nous regrettons de ne pouvoir consacrer une plus large place à l'étude des travaux très intéressants de Fleury et Boyeldieu ; nous renvoyons aux mémoires originaux et à la thèse de Boyeldieu.

peptones paraissent susceptibles d'amener une diminution du glucose ; les albumines proprement dites et les acides aminés sont totalement inactifs.

Ces auteurs ont déterminé le sucre réducteur résultant de l'hydrolyse de solution d'amidon et de peptone. D'une façon générale, les chiffres trouvés ont été plus faibles lors du dosage direct sans défécation. Après élimination des matières protidiques, soit par le réactif de Courtonne, soit par le sulfate mercurique, les résultats cités ont été plus forts. Des essais ayant été contradictoires avec ces deux défécants lorsqu'il s'agissait de liqueur d'hydrolyse, soit de farine, soit de pain (Thèse Boyeldieu), il paraît difficile de trouver dans ces travaux une indication en faveur d'un défécant pour le dosage ultérieur du glucose en présence de protides, bien que le mémoire des deux auteurs soit très affirmatif sur ce point.

Pringsheim et Winter [28], effectuant des dosages de sucres en présence de protides différents de ceux employés par Fleury, arrivent à des résultats sensiblement équivalents en ce qui concerne l'influence des peptones et des albumoses, mais opposés quant à ceux des albumines proprement dites.

Neuberg et Simon [24], reprenant ces expériences, confirment que la présence d'albumines proprement dites n'influençaient nullement le dosage du glucose.

Villiers, au contraire, dit que les produits de dégradation du gluten ont un pouvoir réducteur « qui peut être évalué environ à un poids d'amidon égal à 3 % de celui du gluten humide ».

D'une façon générale, les auteurs dosent le glucose

obtenu, par réduction à la liqueur de Fehling, le dosage polarimétrique n'étant utilisé qu'après élimination systématique des protides dont l'activité sur la lumière polarisée n'est pas négligeable. Tout particulièrement Fleury et Boyeldieu utilisèrent le procédé au sulfo-cyanure (Lehmann-Grimbert [14]), modifié ultérieurement par Fleury et Boutot [12]. Dans certains cas, l'emploi de la méthode de Bougault [5] leur a donné des « résultats aberrants ».

L'étude précédente des travaux des auteurs, concernant l'influence des protides sur les résultats des dosages du glucose en présence de ces matières, montre que la question n'est pas résolue.

Pour notre part, nous pensons que lorsqu'il s'agit de doser du glucose dans les liqueurs aussi complexes que celles provenant de l'hydrolyse du pain, il n'est pas possible de donner des résultats d'une précision absolue, mais que les erreurs peuvent rester, comme en clinique, de l'ordre de 5 %.

Pour le dosage du glucose, nous avons utilisé la technique remarquablement exacte de Bertrand [4]. Entre autres avantages, cette méthode, dosant en fin d'analyse le sulfate ferreux en solution pure de toute matière protidique, n'est pas sujette aux variations résultant de l'imprécision des virages opérés dans le mélange réactionnel initial.

D'ailleurs, comme nos chiffres le montrent, nous avons trouvé sensiblement les mêmes taux de glucose avec ou sans défécation, les erreurs ne dépassant pas 2 %. Forts de ces résultats, nous avons, dans la suite, dosé le glu-

cose directement sans défécation après simple filtration de la liqueur d'hydrolyse.

MÉTHODE UTILISÉE

1° Procédé d'hydrolyse ;

2° Dosage du sucre par la méthode de Bertrand.

Technique employée pour l'hydrolyse (Villiers).

On pèse exactement, dans un verre de montre, un gramme de pain pulvérisé, on le fait tomber ensuite avec un petit pinceau dans un ballon de 200 centimètres cubes environ, bien sec. On entraîne dans le ballon, avec 50 centimètres cubes d'eau distillée, les parcelles adhérentes au col du ballon, on ajoute 1 à 2 centimètres cubes d'acide chlorhydrique fumant et, après avoir agité le mélange, on adapte le ballon à un réfrigérant ascendant. On porte le liquide à l'ébullition, puis on baisse le feu de manière à ce qu'il soit juste suffisant pour l'entretenir. Celle-ci se produit par saccade si l'on n'a soin de mettre dans le ballon, au début de l'opération, pour régulariser l'ébullition d'une façon parfaite, une perle de verre ou quelques fragments de pierre ponce, ou encore mieux de plâtre gâché.

Tout au commencement, il se produit souvent un peu de mousse que l'on empêche d'envahir le col du ballon en éloignant le feu deux ou trois fois ou, plus simplement, en soufflant sur les parois du ballon. On entretient l'ébullition pendant trois heures. D'après Villiers, l'hydrolyse est presque complète en deux heures et cet auteur affirme qu'après trois heures de chauffage on obtient le même

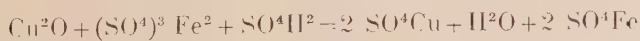
résultat qu'après six heures. On pourrait être tenté de vérifier la fin de l'opération, en s'assurant qu'une goutte de la liqueur ne donne plus, à froid, avec de l'eau iodée, une coloration bleue, violette ou rouge. Ce serait une grave erreur, car il y a, avant la transformation complète en glucose, des dextrines qui ne sont plus colorées par l'iode.

La liqueur d'hydrolyse, obtenue dans ces conditions, est presque incolore ou légèrement ambrée, si l'on a soin de ne pas chauffer les parois du ballon.

Après refroidissement, on neutralise la liqueur en versant dans le ballon une solution saturée de carbonate de soude, jusqu'à ce qu'une goutte du mélange bleuisse le papier de tournesol rougi par un acide. On verse alors la liqueur dans un ballon jaugé de 200 centimètres cubes, on complète à ce volume par les eaux de rinçage du ballon. On agite et on filtre.

Méthode employée pour le dosage du glucose (Bertrand).

Principe de la méthode. — On dose le cuivre de l'oxydure formé par l'action du sucre réducteur sur la liqueur de Fehling en excès, en le traitant après isolement et lavage, par une solution acide de sulfate ferrique. L'oxydure passe à l'état de sulfate cuivrique et une quantité correspondante de sulfate ferrique passe à l'état de sulfate ferreux suivant l'équation :



On oxyde par le permanganate de potassium le sulfate ferreux, et, par cela même, on dose le cuivre passé à l'état minimum sous l'influence du glucose.

Solutions nécessaires.

A) Liqueur cuivrique :

Sulfate de cuivre pur.....	40 gr.
Eau distillée.....	q. s. pour 1 litre.

B) Liqueur alcaline :

Sel de seignette.....	200 gr.
Soude caustique en plaques.....	150 gr.
Eau distillée.....	q. s. pour 1 litre.

C) Liqueur ferrique :

Sulfate ferrique.....	50 gr.
Acide sulfurique.....	200 gr.
Eau distillée.....	q. s. pour 1 litre.

Cette liqueur ne doit pas réduire le permanganate. On s'en assure en y ajoutant, avec précaution, de la liqueur oxydante; un faible changement de coloration doit apparaître déjà après quelques gouttes. Sinon, on verserait du permanganate jusqu'à ce que ce résultat soit atteint.

D) Liqueur permanganique :

Permanganate de potassium.....	5 gr.
Eau distillée.....	q. s. pour 1 litre.

Au lieu d'employer cette liqueur, nous nous sommes servis de la solution décimale de permanganate de potassium et nous avons employé pour le calcul du cuivre le coefficient approprié. (Un centimètre cube de permanganate décimale correspond à 0 gr. 00635 de cuivre.)

Technique employée. — Pour une même détermination, nous avons effectué le dosage du glucose sur deux prises d'essai de teneur différente. Nous avons opéré sur

5 et 10 centimètres cubes de filtrat lorsque la liqueur d'hydrolyse provenait d'un pain grillé ordinaire ou d'un pain hypoazoté, et sur 10, 20 et même 40 centimètres cubes lorsqu'il s'agissait d'un pain hypoamylacé afin que la quantité de sucre réducteur de la prise d'essai soit comprise entre 10 et 90 milligrammes.

Dans un Erlenmeyer en pyrex, de 125 à 150 centimètres cubes de capacité, on verse un certain volume de solution sucrée que l'on complète, si c'est nécessaire, à 20 centimètres cubes par de l'eau distillée ; on ajoute 20 centimètres cubes de la liqueur cuprique et 20 centimètres cubes de la liqueur alcaline. On porte l'Erlenmeyer sur la flamme d'un Bunsen. Dès que les premières bulles de vapeur se dégagent, on compte exactement trois minutes pendant lesquelles on maintient une ébullition modérée, puis on retire la fiole du feu. On laisse déposer un instant l'oxydure de cuivre, on décante le liquide surnageant sur un filtre sans pli, soigneusement ajusté sur un entonnoir à longue douille en entraînant sur ce dernier le moins possible d'oxydure de cuivre. (Bertrand conseille de filtrer sur amiante et à la trompe à vide. M. le Professeur Leulier nous a fait employer cette modification qui simplifie la technique sans influencer les résultats.) Le liquide filtré est franchement bleu, ce qui indique que la liqueur de Fehling est en excès. Le précipité d'oxydure de cuivre est séparé lorsque tout le liquide surnageant est passé sur le filtre ; on le délaye dans un peu d'eau ; on laisse déposer encore un fois et on décante le liquide de lavage sur le filtre. On verse immédiatement quelques centimètres cubes de liqueur ferrique sur le précipité qui passe instantanément du rouge vif au

bleu noir, puis donne une solution limpide d'un beau vert d'eau.

D'autre part, lorsque tout le liquide de lavage a passé sur le filtre, on verse sur ce dernier quelques centimètres cubes de solution ferrique, jusqu'à ce que toutes les parcelles d'oxydure de cuivre soient dissoutes. Cette solution est recueillie dans l'Erlenmeyer.

On fait ensuite tomber, goutte à goutte, dans la liqueur obtenue, la solution décimale de permanganate de potassium. Le virage est excessivement net, la couleur passe du vert au rose avec une seule goutte de permanganate en excès.

Calcul. — Soit n le nombre de centimètres cubes de solution décimale de permanganate employés pour obtenir le virage rose, on aura l'équivalent en milligrammes de cuivre en appliquant la relation :

$$n \times 0,00635 \times 1000 \text{ ou } n \times 6,35$$

On lit, dans la table de Bertrand, la correspondance entre le poids de cuivre et celui de glucose ; on calcule : la teneur en glucose des 200 centimètres cubes de la liqueur d'hydrolyse qui correspondent à 1 gramme de pain. Il suffit alors de multiplier le chiffre obtenu par 90 pour avoir la teneur en amidon de 100 grammes de pain.

Remarque. — En opérant ainsi, on dose non seulement l'amidon, mais aussi les petites quantités de sucre réducteur que le pain peut contenir. En pratique, cette erreur est insignifiante.

V. — DOSAGE DES MATIÈRES AZOTÉES.

La majeure partie de l'azote du pain est sous forme de gluten,

Le gluten, d'après Wurtz [34], est la matière azotée, insoluble dans l'eau, qui donne à la farine de blé ou des céréales la propriété de faire avec l'eau une pâte liante. Selon Osborne et Woobes, il est formé principalement de deux produits, la gluténine (gluten-caséine) et la gliadine (gluten-fibrine). Mais, d'après les mêmes auteurs, trois autres matières albuminoïdes : une globuline, une protéine, une protéase, se rencontrent dans le caryopse. Fleurent pense que le gluten est constitué par trois matières azotées : la gliadine, la gluténine, la conglutine.

Il ne peut être question de doser le gluten du pain en l'extrayant par une méthode quelconque, comme, par exemple, pour les farines, par malaxage sous un filet d'eau. La seule méthode utilisable est d'en déterminer la teneur en azote par kjeldahlisation. Le chiffre d'azote est ensuite transformé en gluten, par un calcul approprié.

Il est permis de se demander s'il existe un rapport rigoureux entre le poids du gluten et celui de l'azote total du pain ?

Fleurent en analysant dix-neuf blés de grande culture, choisis parmi diverses variétés représentant l'ensemble des produits offerts à l'industrie meunière, constata que le rapport $\frac{\text{gluten}}{\text{matières azotées}}$ variait de 0,52 à 0,79.

Examinons d'où proviennent ces écarts :

Le poids de l'azote total d'une farine est supérieur à celui qui correspond au gluten, il provient non seulement de ce dernier, mais aussi de l'azote soluble. Rousseau et Sirot [31], en étudiant les caractéristiques d'une bonne farine, déterminèrent la teneur de l'azote total et de

l'azote soluble de dix-neuf farines. Ils établirent que le rapport $\frac{\text{azote total}}{\text{azote soluble}}$ était voisin de 5,72, ce qui indique que l'azote soluble représente environ 17,5 % de l'azote total. Si l'on identifie le gluten à l'azote insoluble, on remarque que la quantité de gluten sera assez fidèlement reproduite en multipliant la quantité d'azote insoluble par un coefficient fixe.

Le problème est encore plus compliqué. Fleurent a constaté que les glutens, préparés avec diverses farines, possèdent des qualités bien différentes, dues à des variations dans les proportions de gluténine et de gliadine qui oscillent de 18 à 35 % pour la gluténine et de 60 à 80 % pour la gliadine. La teneur pour 100 en azote de ces deux corps est comprise, d'après cet auteur, entre 12,38 et 16,90 pour la gluténine, et entre 15,35 et 16,97 pour la gliadine. Wurtz [34] donne une teneur en azote plus forte et sensiblement égale pour ces deux éléments : 17,66 pour la gliadine (dans la première édition de son dictionnaire, il donnait cette teneur en azote pour le gluten) et 17,49 pour la gluténine.

La quantité de gluten extrait d'une farine varie suivant l'ancienneté de celle-ci : si la farine est récente, le gluten s'agglomère mal parce qu'il est trop fluide ; si elle est trop vieille, il est quasi impossible de le rassembler et de l'extraire. Au cours de la mouture, les matières azotées augmentent, tandis que la proportion de gluten s'abaisse par rapport au poids de ces matières à mesure que l'on extrait une farine qui s'éloigne de la « farine fleur ». Des farines, ayant une teneur identique d'azote, donnent, selon leur degré de blutage, des quantités de gluten

variables. Lindet et Aummam [22], qui ont étudié l'influence des éléments de la farine bise sur la formation du gluten, trouvent que les débris cellulósiques du son s'opposent à la réunion des particules du gluten par des matières gommeuses ou mucilagineuses qu'ils apportent. La teneur en matières azotées de ce gluten se trouve abaissée à 80 %, alors qu'un gluten ordinaire en compte environ 90 %.

Il résulte de cet exposé qu'il paraît impossible d'établir un coefficient rigoureux de transformation d'azote en gluten.

C'est pourquoi, plusieurs coefficients sont proposés par les auteurs à la sagacité de l'expert : Villiers conseille 6,25 ; Fleurent 6,485. Récemment, Boyeldieu trouva que ces coefficients étaient trop faibles, lorsqu'ils s'appliquent à la détermination du gluten des pains de régime préparés avec ce produit. Il analysa trois échantillons de glutens commerciaux qui contenaient environ 10 % d'impuretés et 14,40 d'azote pour 100 de gluten pur. Le coefficient de transformation calculé sur ces bases deviendrait voisin de 7 et « en pratique, même étant données les incertitudes nombreuses qui entourent cette valeur », il utilise le chiffre « rond » de 7 (Boyeldieu).

Nous avons hésité, par suite, sur le choix d'un coefficient. Finalement, nous avons adopté pour nos déterminations, le chiffre classique de 6,25 donné par Villiers et utilisé par presque tous les auteurs. Il semble donner les meilleurs résultats sur le gluten obtenu à partir des farines.

Voyons quelles sont les techniques préconisées pour le dosage de l'azote total.

Des auteurs anciens, tels que Burcker, conseillent, pour le dosage de l'azote du pain, d'employer la méthode de Will et Warrentrapp qui consiste à chauffer au rouge sombre les matières organiques avec de la chaux sodée qui transforme leur azote en ammoniacque. Celle-ci, recueillie par distillation dans un volume connu d'une solution d'acide titré, sera dosée par différence au moyen d'une solution titrée de soude. La plupart des auteurs classiques ont adopté la méthode de Kjeldahl en la modifiant plus ou moins.

Le principe de cette technique consiste à transformer en ammoniacque l'azote de la matière organique sous l'action de l'acide sulfurique concentré et de la chaleur. L'ammoniacque est ensuite dosée par divers procédés, soit par distillation, soit par gazométrie, soit par formol-titration.

Presque tous les auteurs, pour faciliter la destruction de la matière organique, conseillent d'ajouter au mélange acide sulfurique et pain une quantité infime de mercure qui agit comme réducteur.

Pourtant le mercure crée certaines difficultés. Le sulfate mercurique formé se combine à l'ammoniacque produite, en donnant des dérivés ammonio-mercuriques qui ne cèdent pas leur ammoniacque sous l'influence des solutions alcalines, même bouillantes. On évite la formation de ces dérivés en précipitant le mercure, sous forme métallique, par l'hypophosphite de soude (Roux et Maquenne [32]). Il est préférable d'ajouter au mélange, un élévateur de température (sulfate de potassium et acide

phosphorique) (Fleury et Levaltier) ou un réducteur (oxalate de potassium) (Denigès).

Boyeldieu obtient ces chiffres d'azote en utilisant un semi-micro Kjeldahl. « L'azote est dosé en entraînant de l'ammoniaque par la vapeur d'eau dans l'appareil que Pregl [27] a décrit dans son traité de micro-analyse. » L'emploi d'une telle méthode, rapide, mais délicate, ne correspondait pas à l'esprit de notre travail. Nous avons employé le classique procédé de Kjeldahl et, délaissant l'appareil de Schlessing-Aubin, nous avons dosé l'ammoniaque formée, par formol-titration, suivant la technique de Ronchèse [29].

Technique employée. — Dans un matras en pyrex à long col, on introduit 50 centigrammes de pain rigoureusement pesés ; on ajoute 5 centimètres cubes de solution d'oxalate neutre de potassium à 30 % et 2 centimètres cubes d'acide sulfurique. On dispose le matras sous la hotte, le col légèrement incliné. On commence à chauffer très doucement jusqu'à ce que le mélange entre en ébullition ; à ce moment, il se produit des fumées blanchâtres (vapeurs d'eau, acide sulfurique et acide sulfureux) ; on observe que le pain charbonne, se boursoufle. Quand l'eau est complètement chassée, on place alors sur l'ouverture du matras un petit entonnoir à douille taillée en biseau. On éteint la flamme et on laisse refroidir. On ajoute 2 centimètres cubes d'acide sulfurique, on reporte sur le bec Bunsen et l'on chauffe énergiquement pendant toute la durée de l'opération, contrairement à l'opinion généralement admise de chauffer modérément (Fleury et H. Levaltier [13]). La masse charbonneuse se transforme en un liquide limpide mais noirâtre dont la

teinte s'atténue, vire au jaune et finalement devient incolore. On continue de chauffer pendant un quart d'heure. A partir de ce moment, on peut considérer que tout l'azote est transformé en sulfate d'ammonium.

On laisse refroidir le matras, puis on reprend la liqueur résiduelle par de petites quantités d'eau distillée, on en emploie ainsi 200 centimètres cubes que l'on verse dans un Erlenmeyer. Celui-ci étant maintenu dans un cristallisoir plein d'eau, pour éviter la perte d'ammoniaque par élévation de température pendant la neutralisation, on neutralise le liquide, en présence de phtaléine du phénol, en versant goutte à goutte de la lessive de soude, diluée au quart, en ayant soin d'arriver le plus près possible du virage, sans toutefois le dépasser. Si malgré les précautions d'usage, le virage était dépassé, on acidifierait de nouveau la liqueur, en ajoutant quelques gouttes d'acide acétique au dixième.

D'autre part, on a rempli une burette graduée en vingtièmes de centimètre cube de soude décijnormale, on achève avec cette solution la neutralisation exacte ; lorsque celle-ci est obtenue, on ajoute à la liqueur 50 centimètres cubes de solution de formaldéhyde au demi, exactement neutralisé, au même virage rose que la liqueur (on en garde une partie pour conserver la teinte du virage). La formaldéhyde se combine à l'ammoniaque du sel ammoniacal pour donner de l'hexaméthylènetétramine, corps neutre vis-à-vis de la phénolphthaléine, tandis que l'acide primitivement combiné à l'ammoniaque est mis en liberté. On dose la quantité de l'acide libérée par la solution de soude décijnormale.

Il suffirait de multiplier par 0,0014 le nombre de centi-

mètres cubes de NaOH N/10 employés, mais lors de la neutralisation de la liqueur de Kjeldahl le virage a été retardé par la présence du sel ammoniacal qui forme avec la phénolphthaléine de la diimidophthaléiné incolore. Il convient d'augmenter le chiffre de 1/30 ; le coefficient de transformation devient donc de 0,001446.

Calcul. — Le prise d'essai étant de 50 centigrammes, la teneur en azote de 100 grammes de pain sera de :

$$n \times 0,001446 \times 200 \text{ ou } n \times 0,2892$$

La correspondance en gluten sera obtenue en multipliant le poids de l'azote par 6,25 (coefficient de Villiers).

Remarques. — 1° Si l'on ne veut pas s'exposer à des projections dans le col du matras, il faut chauffer *très doucement* au début du Kjeldahl. En opérant ainsi, on diminue la durée de l'opération qui, si elle est convenablement menée, varie entre deux et trois heures.

2° Il faut chauffer le matras en pyrex sur une toile métallique, l'emploi d'une toile amiantée, qui absorbe de la chaleur, entrave la destruction qui devient presque impossible.

3° Lorsqu'on croit avoir atteint la neutralisation de la liqueur de Kjeldahl — teinte rose persistante — l'addition d'une goutte ou deux de phénolphthaléine accentue la teinte rose.

VI. — DOSAGE DE L'ACIDITÉ.

L'acidité des pains a été déterminée accessoirement. Un pain ordinaire possède une acidité qui varie de 0,1 à 0,4 % en SO^4H^2 .

La détermination se fait en laissant macérer pendant

douze heures 5 grammes de pain dans 25 centimètres cubes d'alcool neutre à 95°. On agite de temps en temps. Au bout de ce temps, on prélève une certaine quantité d'alcool et on dose l'acidité par la soude N/100, en présence de phénol-phtaléine.

Calcul. — Soient n le nombre de centimètres cubes prélevés pour le dosage et n' le nombre de centimètres cubes de soude N/100 employé, l'acidité correspondant à 100 grammes de pain exprimé en SO^4H^2 sera de :

$$\frac{0,00049 \times n' \times 25 \times 100}{n \times 5}$$

Remarque. — 1° Il est nécessaire de s'assurer de la neutralité de l'alcool employé ; si ce dernier était acide, on le neutraliserait par la soude en présence de phénol-phtaléine.

2° Le dosage de l'acidité doit s'effectuer sur l'alcool privé de particules de pain qui, par leur présence, fausseraient les résultats.

QUATRIÈME PARTIE

RÉSULTATS ANALYTIQUES

Avant de donner nos résultats analytiques et de les interpréter, nous reproduisons deux analyses de pain ordinaire afin de bien établir la différence de composition entre le pain ordinaire et les différents pains dits « de régime » que nous avons étudiés. Ces résultats établis par Balland [2] peuvent surprendre au premier examen; car le cycle de la composition centésimale est rigoureusement fermé, cela vient que l'auteur ne dose pas les hydrates de carbone, mais qu'il les obtient en retranchant de 100 les autres éléments constitutifs du pain.

P. 100	—		—	
	Etat normal	Etat sec	Etat normal	Etat sec
Eau	32		31,10	
Matières azotées...	7,11	10,46	7,63	11,07
Matières grasses...	0,19	0,28	0,26	0,38
Hydrates de carbone	59,98	88,20	59,80	86,80
Cellulose	0,19	0,28	0,46	0,67
Cendres	0,53	0,78	0,75	1,08

L'auteur indique que ces pains ont été préparés avec des farines blutées à 25 %, blutage conseillé par tous les auteurs de traités de diététique.

Les résultats, que nous donnons, sont la moyenne d'au moins deux déterminations. Les lettres placées au-dessus de la composition centésimale désignent des produits différents et non pas plusieurs analyses du même échantillon.

Par nos procédés de dosage, nous retrouvons en général de 92,50 à 95,50 % des composants.

PAINS DITS « DE RÉGIME »

I. — PAINS GRILLÉS (1) (M)

	A	B
Eau	7,80	6,88
Cendres	1,25	1,92
Matières grasses	2,02	1,03
Hydrates de carbone.....	68,59	72,03
Matières azotées.....	14,25	13,58
	93,91	95,44
Acidité	0,175	0,036
Chlorure de sodium.....	0,31	

Ces deux produits, de saveur agréable, présentent toutes les caractéristiques d'un bon pain grillé; la teneur en eau indique que la torréfaction en a été normalement effectuée.

(1) Tous nos résultats se rapportent à 100 grammes de produit brut.

II. — BISCOTTES SANS SEL (M)

	C	D
Eau	8,81	7,65
Cendres	1,09	0,96
Matières grasses.....	2,03	1,22
Hydrates de carbone.....	66,50	69,40
Matières azotées.....	14,12	14,73
	92,55	93,96
Acidité	0,03	0,021
Chlorure de sodium.....	0,02	0,012

Ces pains jouissent des mêmes propriétés digestibles et nutritives que les deux précédents. Leur très faible taux en chlorure de sodium les autorise dans le régime des cardiaques et des rénaux.

*
**

Nous pouvons conclure de ces résultats que les constantes chimiques d'un pain grillé, d'excellente qualité sont de :

6 à 9 % d'eau (un pain ordinaire en contient de 31 à 35 %) :

1 à 2 % de matières grasses ;

14 à 15 % de matières azotées.

III. — PAINS DITS « AU GLUTEN » (X)

	E	F
Eau	8,03	8,67
Cendres	1,96	1,94
Matières grasses.....	2,26	1,16
Ilydrates de carbone.....	69,25	68,58
Matières azotées.....	11,65	12,11
	93,15	92,46
Acidité	0,031	0,053

Ces deux produits, désignés par le fabricant flûtes au gluten (E) et biscottes au gluten (F), ne méritent à aucun titre cette appellation. La composition de ces pains rappelle celle des quatre précédents. Cependant, leur teneur en azote est encore plus faible. Ces produits, convenablement grillés, ont été probablement obtenus avec des farines à blutage élevé sans aucun enrichissement en gluten.

IV. — PAINS « ENRICHIS EN GLUTEN » (M)

	G	H	I
	—	—	—
Eau	6,78	7,31	7,47
Cendres	1,54	1,85	1,49
Matières grasses.....	1,16	1,84	0,40
Hydrates de carbone.....	63,04	65,70	63,36
Matières azotées.....	15,23	16,03	20,06
	97,75	92,73	92,78
Acidité	0,024		0,118
Chlorure de sodium.....	0,49		0,50

De ces pains, seul le dernier est présenté par le fabricant sous le nom de pain « enrichi en gluten », ce qui est parfaitement justifié. Il n'en reste pas moins acquis que, dans les trois, la teneur en protéines permet leur consommation par les diabétiques légers ou les diabétiques en période de repos.

V. — PAINS DITS « AU GLUTEN » (XX)

	J	K
	—	—
Eau	17,68	23,50
Cendres	2,52	1,80
Matières grasses.....	12,26	10,37
Hydrates de carbone.....	25,53	36,90
Matières azotées:.....	36,37	27,18
	94,36	99,75
Acidité	0,183	0,13

Ces produits ne peuvent se dénommer pain au gluten, malgré leur teneur élevée en matières azotées : 44,18 et 35,53 pour 100 grammes de matières sèches. Le Congrès International de répression des fraudes autorise d'incorporer à la pâte de petites quantités d'amande, mais le taux de matières grasses est trop élevé pour n'être pas signalé.

Les fabricants, pour augmenter la richesse de leur pain en protéines, ajoutaient des œufs dont le jaune accroissait dans des proportions anormales la teneur en matières grasses, tandis que le blanc renforçait le taux de l'azote. La dénomination de ces produits pour être correcte devrait être : « pain aux œufs ».

VI. — PAINS ENRICHIS EN GLUTEN (M M H)

	L	M	N
	—	—	—
Eau	7,62	9,50	9,36
Cendres	0,46	0,50	1,65
Matières grasses.....	0,92	0,68	1,79
Hydrates de carbone.....	40,50	38,16	32,40
Matières azotées.....	45,20	48,56	50,60
	94,70	97,40	95,80
Acidité	0,028	0,024	0,105

Ces pains semblent renfermer le maximum de gluten surajouté que l'on puisse incorporer à une pâte panifiable tout en conservant au produit obtenu le goût et l'apparence du pain. Ces produits, quoique se rapprochant de la définition des pains au gluten, ne peuvent porter cette appellation car ils n'en renferment que 48,91, 53,65, 55,34 % de matières sèches.

Les compositions de ces pains, données par les fabricants, coïncident à moins de 2 % près avec nos résultats.

VII. — PAINS AU GLUTEN (H)

	O
	—
Eau	9,97
Cendres	3,69
Matières grasses.....	1,14
Hydrates de carbone.....	12,57
Matières azotées.....	67,87
	95,24

La composition de ce produit confirme sa dénomination puisqu'il renferme 74,57 % de gluten à l'état sec, mais la quantité de gluten qu'il contient lui donne un aspect tout particulier et, s'il s'éloigne du pain tel qu'on le connaît, il rappelle de très près les « échaudés ».

La teneur en azote donnée par le fabricant est légèrement supérieure à la nôtre, inversement celle des hydrates de carbone est inférieure à notre détermination. Quoi qu'il en soit, ce pain possède une composition chimique qui en fait un aliment spécial, excellent pour la diététique des diabétiques graves.

De l'examen chimique de ces différents produits, nous croyons pouvoir conclure qu'il existe trois catégories de pains « enrichis au gluten » ou de « gluten » pour diabétiques :

1° Ceux qui contiennent à l'état sec de 18 à 20 % de gluten. Ces pains possèdent à peu près les mêmes qualités gustatives que les pains grillés. Ils conviennent à l'alimentation des diabétiques légers.

2° Ceux dont la teneur en gluten varie de 20 à 60 %. Le clinicien possède toute une gamme de produits correspondants à la gravité ou à la période du diabète. Pour aider efficacement le thérapeute, le fabricant doit indiquer la teneur en protéines de ses produits. Tous ces pains possèdent un goût et une saveur agréables.

3° Les véritables pains de gluten qui en renferment plus de 60 % à l'état sec.

Ces pains pourraient rentrer dans la classe des « aliments médicaments », car le malade ne peut consommer qu'exceptionnellement un produit qui rappelle trop vaguement le pain.

VIII. — PAIN DÉSAZOTÉ ET DÉCHLORURÉ (H)

	P
	—
Eau	8,12
Cendres	0,34
Matières grasses.....	15,47
Hydrates de carbone.....	66,95
Matières azotées.....	2,12
	93,00

Chlorure de sodium (traces indosables).

Ce pain possède une saveur agréable qui semble rappeler celle du biscuit destiné à l'alimentation du soldat en campagne. L'abaissement de la teneur en protéines ne peut vraisemblablement pas être poussé plus loin. Le taux des matières grasses a été augmenté par l'addition de corps gras solides, rappelant le beurre de cacao par l'odeur ; cet enrichissement n'a pas été signalé par le fabricant, c'est la seule observation que l'on puisse faire à ce produit.

Ce pain peut rendre de grands services pour l'établissement des régimes hypoazotés.

IX. — PAIN COMPLET (H)

	Q
	—
Eau	9,50
Cendres	3,22
Matières grasses.....	2,43
Hydrates de carbone.....	52,20
Matières azotées.....	25,26
	92,61
Acidité	0,052

Ce produit, très nutritif, est précieux pour les régimes de suralimentation, sa teneur moyenne en hydrates de carbone et son taux important de protéines doivent contribuer à le faire employer par les diabétiques pendant la période dite de repos:

PÂTES ALIMENTAIRES

Nous avons analysé quatre échantillons de pâtes alimentaires, enrichies au gluten. Les méthodes analytiques employées pour la détermination de leurs différents constituants sont celles que nous avons utilisées pour l'analyse du pain.

Il est très difficile de pulvériser ces produits qui sont durs mais non friables ; un de nos camarades nous donna l'idée de les passer au moulin, comme s'il s'agissait de grains de café. Ainsi, nous avons obtenu, d'emblée, une poudre très fine, qu'un pilonnage intensif au mortier, pendant plusieurs heures, n'aurait pu nous donner.

La teneur en matières azotées des pâtes alimentaires ordinaires est généralement plus forte que celle du pain, car elles sont fabriquées avec des farines de blé dur plus riches en azote que celles des blés tendres qui servent normalement à la panification.

Pour pouvoir interpréter nos résultats, nous reproduisons la composition de quelques pâtes alimentaires ordinaires déterminée par Balland [2].

	Macaroni	Vermicelle	Pâtes pour potages
Eau	12	10	12,20
Cendres	0,50	0,90	0,54
Matières grasses.....	0,65	0,80	0,35
Hydrates de carbone.....	75,70	75,51	74,61
Matières azotées.....	10,89	12,51	12,12

X — PÂTES ALIMENTAIRES ENRICHIES EN GLUTEN

	A	B	C	D
	—	—	—	—
Eau	10,26	10,10	11,13	10,55
Cendres	0,45	0,53	0,65	0,58
Matières grasses...	0,79	0,93	1,03	1,02
Hydrates de carbone	67,32	68,13	62,87	56,97
Matières azotées...	17,43	17,12	16,35	22,68
	96,25	96,81	92,03	91,80

Ces pâtes se présentent sous la forme allongée, du macaroni, ou sous la forme de « coudes », leur consistance est très dure. L'enrichissement en gluten ne peut être poussé plus loin, car on obtiendrait non seulement des produits de cuisson difficile, mais de fabrication pénible.

CONCLUSIONS

I. — L'industrie boulangère, spécialisée ou non, fournit des pains de régime plus ou moins parfaits et répondant plus ou moins aux exigences de la clinique. La définition précise de ces produits devient une nécessité, de même que leur contrôle.

II. — Ce dernier ne sera possible et efficace que si une méthode officielle vient standardiser les méthodes de dosage de l'azote et des hydrates de carbone.

III. — Il serait possible d'admettre comme définition du pain de gluten, celle proposée par Chevalier et adoptée au Congrès International de répressions des fraudes: « Un pain pour être dénommé au gluten devra contenir au maximum 25 % d'hydrates de carbone et au minimum 60 % de gluten rapportés au pain sec. »

IV. — Un pain renfermant moins de 60 % de gluten et plus de 20 % sera dénommé « enrichi en gluten » et non « au gluten ».

V. — La plupart des produits examinés répondaient à la composition indiquée par le fabricant. Cependant, quelques-uns avaient un rapport $\frac{\text{hydrates de carbone}}{\text{gluten}}$ soit plus fort, soit plus faible que celui résultant des chiffres indiqués.

VI. — Deux pains dits « au gluten » ne méritaient aucunement cette dénomination. Il s'agissait de pains ordinaires desséchés. Deux autres étaient artificiellement enrichis en matières azotées par du blanc d'œuf. Ils présentaient une richesse considérable en matières grasses, provenant de jaunes d'œufs. Eux aussi ne répondaient pas à leur dénomination de pains au gluten.

VII. — Certaines pâtes peuvent également être enrichies en gluten. Leur teneur en matières azotées oscille généralement aux environs de 20 %.

Le Président de la thèse,
A. LEULIER.

VU :
Le Doyen,
JEAN LEPINE.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :
Lyon, le 10 juin 1929.

Le Recteur,
Président du Conseil de l'Université,
JOSEPH GHEUSI.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] ARTHUS. — Précis de Physiologie. Masson et C^{ie}, Paris, 1918.
- [2] BALLAND. — Observations sur les farines. *Revue du Service de l'Intendance*, 1895.
BALLAND. — Pains de froment, de maïs et de seigle. *Revue du Service de l'Intendance*, 1928, t. XI, p. 335.
BALLAND. — Semoules et pâtes alimentaires. *Revue du Service de l'Intendance*, 1898, t. XI, p. 55.
- [3] BARRAL. — Etude analytique sur le blé, la farine et le pain. *C. R. Académie des Sciences*, 1863, t. LVI, p. 837.
- [4] BERTRAND. — Le dosage des sucres réducteurs. *Bull. des Sc. Pharm.*, 1907, t. XIV, p. 7.
- [5] BOUGAULT. — Nouvelle méthode de dosage des sucres aldéhydiques. *Journ. Ph. et Chim.* (7^{me} série), 1917, t. XVI, p. 97.
- [6] BRETIN. — PLANCHON et BRETIN. — Précis de matière médicale. T. II. Maloine, Paris, 1926.
- [7] BURCKER. — Traité des falsifications et altérations des substances alimentaires et des boissons. Octave Doin, 1892.
- [8] CHICANDARD. — La fermentation panaire. Extrait du *Moniteur Scientifique*, Quesneville, octobre 1883.
- [9] COLLIN. — La graine, la poudre et le tourteau de soja. *Ann. des Falsif.*, 1910, n° 15, p. 19.
- [10] COURMONT et ROCHAIX. — Précis d'Hygiène. Masson et C^{ie}, 1925.
- [11] FLEURY et BOYELDIEU. — Sur le dosage du glucose en présence de protides. Application à la détermination de l'amidon dans les pains, en particulier dans les pains de gluten. *Journ. Ph. et Chim.* (8^{me} série), 1928, p. 207, et p. 249.

- [12] FLEURY et BOUTOT. — Etude du procédé de Lehmann, modifié pour le dosage du glucose. Adaptation aux petites quantités de sucre réducteur. *Journ. de Ph. et Chim* (7^{me} série), t. XXVI, p. 209.
- [13] FLEURY et LEVALTIER. — Recherches sur le dosage de l'azote par la méthode de Kjeldahl et ses modifications. *Journ. de Ph. et Chim.* (7^{me} série), 1924, t. XXIX, p. 137.
- [14] GUIART et GRIMBERT. — Précis de diagnostic. Lemaire, 1922.
- [15] GUILIN (R.). — Analyses alimentaires. J.-B. Baillière et Fils, 1923.
- [16] HALPHEN et QUILLARD. — Encycopédie industrielle. J.-B. Baillière et Fils, 1915.
- [17] HÉRAUL. — Traité de matière médicale. Paris, 1927.
- [18] LABBÉ (H.). — L'alimentation végétale en diététique. Pains de régime et leurs diverses formes. *Ann. d'Hygiène* (Nouv^{me} série), 1925, t. III, n° 4, p. 193.
- [19] LAUDAT. — Le dosage du chlore dans le sérum sanguin et dans les liquides albumineux de l'organisme. *Journ. Ph. et Chim.* (7^{me} série), 1917, t. XVI, p. 168.
- [20] LECOQ (R.). — La diastase du malt et son emploi en diététique. *La Pharmacie Française*, janvier 1925.
- LECOQ (R.). — Influence de certaines pratiques industrielles sur la valeur nutritive des farines composées alimentaires. *Ann. des Falsific.*, 1922, n°s 165-166. p. 288.
- LECOQ (R.). — Sur l'action diastasique de la farine de malt et des autres dérivés du malt (extraits liquides, pâteux et secs). *Journ. Ph. et Chim.* (7^{me} série), 1922, t. XXV, p. 18.
- [21] LECOQ (R.) et WARY (S.). — La farine de malt et la pratique du maltage des amylacés cuits et crus. *Journ. Ph. et Chim.* (7^{me} série), 1924, t. XXX, p. 231.
- [22] LINDET et AMMAM. — Influence des éléments de la farine bise sur la formation du gluten et la panification. *Bull. Soc. Chim.* (7^{me} série), 1905, t. XXXIII, p. 1005.
- [23] MOURIQUAND. — Précis de diététique et des maladies de la nutrition. Gaston Doin, Paris, 1926.
- [24] NEUBERG et SIMON. — Recherche des sucres en présence des protéines et la prétendue condensation des hydrates de carbone avec les albuminoïdes. *Ber. Dent. Chem. Gessell.*, 1927, t. LX, p. 817.

- [25] PARMENTIER. — Traité de botanique agricole.
- [26] PERROT (R.) et LECOQ. — Les farines maltées du commerce et la farine de malt. *Bull. des Sc. Pharm.*, 1922, t. XXIX, n° 2, p.
- [27] PREGI. — Microanalyse. Traduction de Welter. (Presses Universitaires).
- [28] PRINGSHEIM et WINTER. — Les produits de condensation des sucres et des albuminoïdes. *Ber. d. Deutsch. Chem. Gesell.*, 1927, t. LX, p. 278 ; Cf., aussi *Bioch. Zeit.*, 1926, t. CLXXVII, p. 406.
- [29] RIVOT. — Note sur l'examen des farines et des pains. *Ann. Chim. et Ph.* (7^{me} série), t. XLVII.
- [30] RONCHÈSE. — Méthode de dosage de quelques composés azotés. *Thèse*, Paris, 1907.
- [31] ROUSSEAU et SIROT. — Les matières azotées solubles comme facteur d'appréciation des farines. *Ann. des Fals.* (6^{me} année), n° 52, p. 78.
- [32] ROUX et MAQUENNE. — *Annales de Chimie analytique*, 1899, t. IV, p. 145.
- [33] VALLIN. — Le pain complet. *Revue d'Hygiène*.
- [34] WURTZ. — *Dictionnaire de Chimie pure et appliquée*. 1^{re} édition, p. 1576 ; 2^{me} supplément, p. 809.

OUVRAGES GÉNÉRAUX

- BAILLAND (A.). — Les aliments, chimie, analyse, expertise, valeur alimentaire. J.-B. Baillière et Fils, Paris, 1907, t. I.
- BARRAL (E.). — Précis d'analyse chimique quantitative. J.-B. Baillière, 1928, t. II.
- BOYELDIEU. — Recherches sur le dosage du glucose en présence de protides. Application à l'étude analytique des farines, des pains et des pains de régime.. *Thèse*, Doct. Un. Ph., Paris, 1927.
- CAZENEUVE et MOREL. — Chimie organique. J.-B. Baillière, Paris, 1922.
- CHEVALIER (A.). — Dictionnaire des altérations et falsifications. Asselin et C^{ie}, 1882.
- DENIGÈS. — Précis de chimie analytique. Maloine, Paris, 1920.
- FLEURENT. — Recherches sur la constitution des matières albuminoïdes extraites de l'organisme végétal. *Thèse Doct. Sciences*, Paris, 1891.

- Formulaire des Hôpitaux militaires. Lavauzelle, Paris, 1918, t. II.
- FRANÇOIS. — Manipulations de Chimie analytique appliquée. Octave Doin, 1919.
- GÉRARD BONN. — Traité d'analyse des denrées alimentaires.
- GIRARD et DUPRÉ. — Analyse des matières alimentaires et recherches de leurs falsifications. Veuve Ch. Dunod et Picq, Paris, 1894.
- LAMBLING. — Précis de biochimie. Masson, 1921.
- PELLERIN. — Guide pratique de l'expert chimiste en denrées alimentaires. 3^{me} édition. Maloine, édit., 1928.
- ROTHER. — Comment dépister rapidement les fraudes alimentaires. Octave Doin, 1924.
- VILHIER, COLLIN, FAYOLLE. — Traité des falsifications et altérations des substances alimentaires. Aliments féculants. Octave Doin, Paris, 1909.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
AVANT-PROPOS	9
INTRODUCTION	11
PREMIÈRE PARTIE	
GÉNÉRALITÉS SUR LE PAIN ORDINAIRE ET SUR LES PAINS DE RÉGIME.....	13
RÈGLEMENTATION ET DÉFINITION DU PAIN ORDINAIRE	14
DEUXIÈME PARTIE	
CLASSIFICATION DES PAINS DITS « DE RÉGIME »	17
<i>Les pains grillés.....</i>	18
<i>Les pains hyperazotés.....</i>	21
<i>Les pains hypoazotés.....</i>	24
<i>Les pains hypercellulosiques.....</i>	25
TROISIÈME PARTIE	
ANALYSE D'UN PAIN.....	29
<i>Dosage de l'humidité.....</i>	30
<i>Dosage des cendres.....</i>	31
<i>Dosage des matières grasses.....</i>	32
<i>Dosage des hydrates de carbone.....</i>	34
<i>Dosage des matières azotées.....</i>	44
<i>Dosage de l'acidité.....</i>	51
QUATRIÈME PARTIE	
RÉSULTATS ANALYTIQUES.....	53
<i>Pains dits « de régime ».....</i>	55
<i>Pâtes alimentaires.....</i>	65
CONCLUSIONS	67
BIBLIOGRAPHIE	69

